

(1) Japanese Patent Publication No. 3024906 (2000)

“Optical Scanner”

The following is the translation of [Claim 1] of [Scope of the Invention] on the front page:

5

An optical scanner for condensing a light beam only in a secondary scanning direction emitted from a light source to form an image on a polygon mirror, whereby an objective surface is scanned in a primary scanning direction through an f- θ lens and an anamorphic lens using the light beam deflected by said polygon mirror,

10

wherein said f- θ lens is a triple structure including a first lens having negative reflecting power, a second lens having positive reflecting power, and a third lens having positive reflective power arranged in this order from said polygon mirror,

wherein the following inequalities are satisfied:

$$0.100 \leq L/f \leq 0.108$$

15

$$0.207 \leq r_1/r_3 \leq 0.395$$

where L is a total length of said f- θ lens, f is a focal distance of said f- θ lens, r_1 is a radius of curvature of a surface of said first lens facing said polygon mirror, and r_3 is a radius of curvature of a surface of said second lens facing said polygon mirror,

wherein said first lens is composed of a glass material having a partial dispersion ratio θ_{NG} between d-line (587.56 nm) and C-line (656.27 nm), said first lens having a refractive index n_{NG} relative to a wavelength of 632.8 nm,

20

wherein said second and third lenses are each composed of a glass material having a partial dispersion ratio θ_{PS} between d-line and C-line, said second and third lenses each having a refractive index n_{PS} relative to a wavelength of 632.8 nm, and

25

wherein said f- θ lens satisfies the following inequalities:

$$1.027 \leq \theta_{\text{PS}}/\theta_{\text{NG}} \leq 1.043$$

$$0.00930 \leq n_{\text{PS}} - n_{\text{NG}} \leq 0.05036$$

(1)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3024906号
(P3024906)

(45) 発行日 平成12年3月27日 (2000. 3. 27)

(24) 登録日 平成12年1月21日 (2000. 1. 21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	
G 0 2 B 13/00		G 0 2 B 13/00	
26/10		26/10	E
	1 0 3		1 0 3

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願平6-150977	(73) 特許権者	000207551 大日本スクリーン製造株式会社 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4 丁目天神北町1番地の1
(22) 出願日	平成6年7月1日 (1994. 7. 1)	(72) 発明者	片岡 是和 京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天 神北町1番地の1 大日本スクリーン製 造株式会社内
(65) 公開番号	特開平8-15606	(74) 代理人	100089233 弁理士 吉田 茂明 (外2名)
(43) 公開日	平成8年1月19日 (1996. 1. 19)		
審査請求日	平成9年11月28日 (1997. 11. 28)	審査官	笹野 秀生

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光走査装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光ビームを副走査方向にのみ集光させてポリゴンミラーのミラー面上で結像させ、そのポリゴンミラーによって反射偏向された光ビームにより $f\theta$ レンズおよびアナモルフィックレンズを介して被走査面を主走査方向に走査する光走査装置において、前記 $f\theta$ レンズが、前記ポリゴンミラー側より順に、負のパワーを有する第1レンズと、正のパワーを有する第2および第3レンズとを配列してなる3群3枚構成であり、以下の不等式

$$0.100 \leq L/f \leq 0.108$$

$$0.207 \leq r_1/r_2 \leq 0.395$$

ただし、 L は前記 $f\theta$ レンズの全長、

f は前記 $f\theta$ レンズの焦点距離、

r_1 は前記第1レンズの前記ポリゴンミラー側を向いた

2

面の曲率半径、

r_2 は前記第2レンズの前記ポリゴンミラー側を向いた面の曲率半径、を満足し、さらに、前記第1レンズが波長632.8nmに対する屈折率 n_{ng} で、しかも d 線 (=587.56nm) と C 線 (=656.27nm) との部分分散比 θ_{ng} の硝材で形成される一方、前記第2および第3レンズが波長632.8nmに対する屈折率 n_{ps} で、しかも d 線と C 線との部分分散比 θ_{ps} の硝材で形成されるとき、前記 $f\theta$ レンズが、次の不等式

$$1.027 \leq \theta_{ps}/\theta_{ng} \leq 1.043$$

$$0.00930 \leq n_{ps} - n_{ng} \leq 0.05036$$

を満足することを特徴とする光走査装置。

【請求項2】 前記 $f\theta$ レンズが、次の不等式

$$0.207 \leq r_1/r_2 \leq 0.300$$

を満足する請求項1記載の光走査装置。

【請求項3】 前記 $f\theta$ レンズが、次の不等式
 $0.292 \leq |f_1|/f \leq 0.345$
 ただし、 $|f_1|$ は前記第1レンズの焦点距離の絶対値、を満足する請求項1ないし3のいずれか記載の光走査装置。

【請求項4】 前記 $f\theta$ レンズが、次の不等式
 $0.446 \leq f_3/f \leq 0.491$
 ただし、 f_3 は前記第3レンズの焦点距離、を満足する請求項1ないし4のいずれか記載の光走査装置。

【請求項5】 前記 $f\theta$ レンズが、次の不等式
 $-0.010 \leq r_1/r_2 \leq 0.185$
 $2.221 \leq f_2/|f_1| \leq 2.470$
 ただし、 r_2 は前記第1レンズの前記アナモルフィックレンズ側を向いた面の曲率半径、
 $|f_1|$ は前記第1レンズの焦点距離の絶対値、
 f_2 は前記第2レンズの焦点距離、を満足する請求項1ないし5のいずれか記載の光走査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光源からの光ビームを副走査方向にのみ集光させてポリゴンミラーのミラー面上で結像させ、そのポリゴンミラーによって反射偏向された光ビームにより $f\theta$ レンズおよびアナモルフィックレンズを介して被走査面を主走査方向に走査する光走査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、ポリゴンミラーを偏向手段として用いた光走査装置、例えばレーザプリンタでは、光源から出射された光ビームを所定の副走査方向に平行な回転軸回りに回転するポリゴンミラーに入射して当該光ビームを偏向し、さらに $f\theta$ レンズを介してフィルム（被走査面）を主走査方向に走査して、所望の画像を記録可能となっている。

【0003】上記のように、偏向手段としてポリゴンミラーを用いた場合には、面倒れを考慮する必要がある。すなわち、ポリゴンミラーのミラー面は、本来、その回転軸と完全に平行となるように製造される必要があるが、製作精度には一定の限界があり、各ミラー面がそれぞれポリゴンミラーの回転軸に対してわずかながら傾斜し、その傾斜角度にばらつきがあるため、フィルム上に形成される光スポットが走査面に対して垂直な方向にミラー面の傾き角度に相当する量だけずれて、その結果、当該垂直方向にピッチむらが生じて、画像品質が低下する。

【0004】このような問題を解消すべく、例えば特開昭58-179813号公報では光源とポリゴンミラーとの間にシリンダリカルレンズを配置するとともに、 $f\theta$ レンズとフィルム（被走査面）との間に走査端部で走査面に近づくように湾曲させたシリンダリカルレンズを配置する構成が開示されている。これにより、面倒れを

補正することができ、良好な画像品質で描画することができる。なお、この従来例のように湾曲シリンダリカルレンズを用いた場合には、面倒れ補正と同時に、像面湾曲の影響を除去することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記光走査装置を構成する $f\theta$ レンズとして適用可能なものとしては、例えば特開昭55-53308号公報に記載された $f\theta$ レンズがある。この $f\theta$ レンズは5群5枚構成であり、その全長は焦点距離との比（ $=L/f$ ）で表現すると0.2程度にもなり、光走査装置を構成するにあたって、このような大型で多枚数構成の $f\theta$ レンズを使用しなければならず、コスト低減が困難で、しかも光走査装置全体の大型化を招くといった問題がある。なお、従来より周知の他の $f\theta$ レンズを採用したとしても、同様である。

【0006】また、近年、高出力で、しかも比較的短波長の半導体レーザが商品化されてきている点や半導体レーザでは高速で直接変調可能である点などに鑑み、光走査装置の光源として半導体レーザを採用するケースが増えている。しかしながら、半導体レーザを光源として用いた場合には、外気温変化によるモードホップや出力パワーの変化による発振波長の多モード化などが生じることがあり、良好な画像品質を維持するためには、 $f\theta$ レンズにおいて、 $\pm 10\text{nm}$ 程度の色収差の補正が必要となる。しかしながら、従来の $f\theta$ レンズでは、この点まで考慮されていない。

【0007】そこで、この発明は、上記課題を解決するためになされたもので、良好な画像品質で描画することができる小型で、しかも安価な光走査装置を提供することを第1の目的とする。

【0008】また、この発明は、上記第1の目的に加え、さらに色収差を抑えて、画像品質をさらに向上させることができる光走査装置を提供することを第2の目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、光源からの光ビームを副走査方向にのみ集光させてポリゴンミラーのミラー面上で結像させ、そのポリゴンミラーによって反射偏向された光ビームにより $f\theta$ レンズおよびアナモルフィックレンズを介して被走査面を主走査方向に走査する光走査装置であって、上記第1の目的を達成するため、前記 $f\theta$ レンズが、前記ポリゴンミラー側より順に、負のパワーを有する第1レンズと、正のパワーを有する第2および第3レンズとを配列してなる3群3枚構成であり、以下の不等式

【0010】

【数1】

$$0.100 \leq L/f \leq 0.108$$

【0011】

【数2】

$$0.207 \leq r_1/r_3 \leq 0.395$$

【0012】ただし、Lは前記fθレンズの全長、fは前記fθレンズの焦点距離、r₁は前記第1レンズの前記ポリゴンミラー側を向いた面の曲率半径、r₃は前記第2レンズの前記ポリゴンミラー側を向いた面の曲率半径*

$$1.027 \leq \theta_{ps}/\theta_{nc} \leq 1.043 \dots (\text{数4})$$

$$0.00930 \leq n_{ps} - n_{nc} \leq 0.05036 \dots (\text{数5})$$

を満足している。

【0013】請求項2の発明は、次の不等式

【0014】

【数3】

$$0.207 \leq r_1/r_3 \leq 0.300$$

【0015】を満足している。

【0016】

【0017】

【0018】

【0019】

【0020】請求項3の発明は、次の不等式

【0021】

【数6】

$$0.292 \leq |f_1|/f \leq 0.345$$

【0022】ただし、|f₁|は前記第1レンズの焦点距離の絶対値、を満足している。

【0023】請求項4の発明は、次の不等式

【0024】

【数7】

$$0.446 \leq f_3/f \leq 0.491$$

【0025】ただし、f₃は前記第3レンズの焦点距離、を満足している。

【0026】請求項5の発明は、次の不等式

【0027】

【数8】

$$-0.010 \leq r_3/r_2 \leq 0.185$$

【0028】

【数9】

$$2.221 \leq f_2/|f_1| \leq 2.470$$

【0029】ただし、r₂は前記第1レンズの前記アサモルフィックレンズ側を向いた面の曲率半径、|f₁|は前記第1レンズの焦点距離の絶対値、f₂は前記第2レンズの焦点距離、を満足している。

【0030】

【作用】請求項1の発明では、負のパワーを有する第1

*径、を満足し、さらに、前記第1レンズを波長632.8nmに対する屈折率n_{nc}で、しかもd線(=587.56nm)とC線(=656.27nm)との部分分散比θ_{nc}の硝材で形成する一方、前記第2および第3レンズを波長632.8nmに対する屈折率n_{ps}で、しかもd線とC線との部分分散比θ_{ps}の硝材で形成するとともに、次の不等式

レンズと、正のパワーを有する第2および第3レンズとからなる3群3枚構成のfθレンズがポリゴンミラーと被走査面との間に設けられる。このfθレンズのレンズ構成は、いわゆる凹凸タイプの光学系であり、第1レンズで生じた収差、特に非点収差、歪曲収差を第2レンズおよび第3レンズで打ち消すことにより、良好な性能を発揮する。

【0031】ただし、数1に示す条件(以下「条件1」という)を満足しない場合には、次のような不都合が生じる。すなわち、条件1の下限より小さくなった場合は、歪曲収差の補正が不足となり、コマ収差が発生してスポット径が大きくなる。逆に、上限を越えた場合は、fθレンズの全長が大きくなり、レンズ口径が大きくなることから、コストアップに直結することになる。

【0032】また、数2に示す条件(以下「条件2」という)は歪曲収差を適正に保つと同時に、第1レンズのポリゴンミラー側を向いた面で発生する非点収差を第2レンズのポリゴンミラー側を向いた面で補正し、平坦なメリディオナル像面を保つための条件である。したがって、比(r₁/r₃)が上限を越えると、メリディオナル像面はプラス側にオーバーとなり、下限を越えると、マイナス側にアンダーとなる。また、請求項1の発明では、数4および数5も満足されており、±10nm程度の色収差の補正が行われている。ここで、通常の正レンズと負レンズとを組み合わせたレンズ系を考えると、例えばBK7、F2の組み合わせのように、屈折率が小さく、分散が小さい正レンズと、屈折率が大きく、分散が大きい負レンズを組み合わせることが多い。しかし、この発明では、正レンズ(第2および第3レンズ)と負レンズ(第1レンズ)の屈折率を近いものにして、かつ双方の部分分散比θ_{ps}、θ_{nc}を近いものにするすることで、波長幅±10nm程度の色収差を良好に補正している。なお、以下の説明の便宜から、数4および数5に示す条件をそれぞれ「条件4」、「条件5」と称する。また、この発明にかかる光走査装置を構成するfθレンズは、3群3枚のレンズ構成を有しており、通常のレンズ系のように多種の硝材の組み合わせで色収差の補正を行なうのではなく、しかも2種類の硝材の組み合わせで色収差を補正し、レンズの曲率で歪曲収差や、他の諸収差の補正を行なっている。

【0033】請求項2の発明では、前記比 (r_1/r_2) の範囲が数3で示す範囲に限定されており、球面収差の状態が良好となっている。なお、この数3に示す条件（以下「条件3」という）の上限を越えると、球面収差は後述する第3実施例のように若干オーバー気味となり、スポット径が増大するが、走査光学系の性能としては、若干低下する程度であり、条件2を満足する限りにおいては実使用に十分耐えうるものである。

【0034】

【0035】

【0036】請求項3の発明では、数6に示す条件（以下「条件6」という）が満足されている。この条件6は、球面収差、コマ収差を補正し、像面の平坦性を良好にするための適度なPetzval和（ペッツヴァル和）を保つため、第1レンズの負のパワーを規定する条件である。仮に、値 $(|f_1|/f)$ が条件6の上限を越えると、Petzval和が大きくなりすぎて、像面が大きくふくらんでしまう。逆に、下限を越えると、高次収差によって画角周辺部の像面が大きく変化してしまう。

【0037】請求項4の発明では、数7に示す条件（以下「条件7」という）、つまり第3レンズのパワーに関する条件が満足されている。すなわち、この条件7は、負のパワーを有する第1レンズで発生する諸収差を補正するために必要な正のパワー第2および第3レンズに適切に分配し、無理なく収差補正するための条件である。

【0038】ここで、比 (f_3/f) が上限、下限を越えると、第2および第3レンズのどちらか一方のレンズに負担がかかり、歪曲収差と他の諸収差とのバランスがとれなくなる。

【0039】請求項5の発明では、数8に示す条件（以下「条件8」という）が満足されている。この条件8は、歪曲収差、他の諸収差に大きな影響を与える条件である。すなわち、第1レンズの被走査面側を向いた面で正の歪曲収差が発生し、第2レンズのポリゴンミラー側を向いた面でそれを補正することにより、最終的に良好な歪曲収差が与えられる。すなわち、比 (r_3/r_2) が上限、下限を越えると、歪曲収差と他の諸収差のバランスがとれなくなり、良好な補正が困難になる。

【0040】なお、この請求項5の発明では、条件8のみならず、数9に示す条件（以下「条件9」という）が満足されているが、この条件9は第1レンズの被走査面側を向いた面が平面あるいは平面に近い大きな曲率半径を有する場合を考慮したものである。というのも、このような場合、曲率半径 r_1 は無限大、あるいは無限大とみなすことができ、比 $(r_3/r_1) = 0$ となり、条件8では曲率半径 r_1 の条件を規定できなくなるためである。そこで、条件9により、第1レンズと第2レンズの曲率半径をバランス良く制限している。

【0041】

【実施例】

A. 光走査装置

図1および図2はこの発明にかかる光走査装置の一実施例を示す図であり、前者は主走査方向Yに切った断面における構成を、また後者は副走査方向Xに切った断面における構成をそれぞれ示している。

【0042】光走査装置は、半導体レーザ11とコリメータレンズ12とからなる光源10を有している。この半導体レーザ11は装置全体を制御する制御部（図示省略）からの信号に基づき直接変調駆動され、被走査面S上において、記録を行うべき画素では半導体レーザ11から光ビームを出力し、被照射面S上に照射して露光する一方、記録を行わない画素では半導体レーザ11からの光ビームの出力を停止させる。こうして半導体レーザ11から出力された光ビームはコリメータレンズ12でビーム整形された後、シリンドリカルレンズ20に向けて出力される。なお、光源10は、例えばヘリウムネオンレーザ、アルゴンレーザなどの直接変調できない光源と、その光源からの光ビームを変調する変調器とで構成してもよい。また、半導体レーザ11の代わりに、LED（Light Emitting Diode）を用いてもよい。

【0043】シリンドリカルレンズ20は副走査方向Xにのみパワーを有しており、図1および図2に示すように、それを通過した光ビームをYZ平面で平行光のままとし、XZ平面でポリゴンミラー30のミラー面31に集光させてY方向に伸びる線像を形成する。

【0044】ポリゴンミラー30は副走査方向Xとほぼ平行に伸びる回転軸32回りに回転し、ミラー面31で入射光ビームを、被走査面S側に反射偏向する。

【0045】このポリゴンミラー30と被走査面Sとの間には、後述するように3群3枚のレンズ構成を有するf θ レンズ40およびアナモルフィックレンズ50が配置されており、ポリゴンミラー30からの光ビームを被走査面Sに導光する。ここで、アナモルフィックレンズ50とは、円筒表面を有し、主走査方向Yにおける屈折率と副走査方向Xにおけるそれとが異なるレンズの意であり、図1および図2に示す湾曲シリンドリカルレンズ、本願出願人が特開平3-249722号公報に開示したレンズ、さらには従来より周知のシリンドリカルレンズなどを含むものである。

【0046】以上のように構成された光走査装置では、通常の光走査装置と同様に、主走査方向Yで切った断面、つまりYZ平面（図1）の光ビーム（メリディオナル光束）の走査範囲におけるビームウエスト位置の平坦性、つまりメリディオナル像面の像面湾曲を良好に補正することが重要である。

【0047】一方、上記のように構成された光走査装置では、アナモルフィックレンズ50を、光軸方向Zに前後移動させることで、サジッタル像面の像面湾曲を補正し、また像面全体を移動してメリディオナル像面と合致させることが可能であるため、副走査方向Xで切った断

面、つまりXZ平面(図2)の光ビーム(サジッタル光束)の集光位置、走査範囲におけるビームウエスト位置の平坦性(つまり、サジッタル像面の像面湾曲)およびメリディオナル像面との合致性などについては、メリディオナル像面に関する補正に比べてその重要度は低い。したがって、 $f\theta$ レンズ40については、まず第1に、メリディオナル像面で補正を重要視する必要がある。それに加えて、半導体レーザー11を用いることを考慮して波長 $\pm 10\text{nm}$ 程度の範囲で色収差を補正することが必要である。

【0048】B. $f\theta$ レンズ

次に、上記のように構成された光走査装置の $f\theta$ レンズの第1ないし第10実施例について詳説する。

【0049】(1)第1実施例

*

i	r	d	nd	νd
1	-21.54840	1.589115	1.64769	33.8
2	∞	2.161197		
3	-77.86665	1.906938	1.69680	55.5
4	-32.73578	2.733278		
5	∞	2.383673	1.69680	55.5
6	-32.73578			

【0052】同表(および後述する表2ないし表10)において、欄「r」は上から順に第1面ないし第6面の曲率半径を示し、欄「d」は第i面と第(i+1)面との光軸OA上の面間距離を示し、欄「nd」はd線に対する各レンズの屈折率を示すものであり、上から順にレンズ41、42、43の屈折率をそれぞれ示し、さらに

欄「 νd 」はd線に対する各レンズのアッペ数を示すものであり、上から順にレンズ41、42、43のアッペ数をそれぞれ示している。

【0053】上記のように構成された $f\theta$ レンズ40のFナンバーは30であり、焦点距離fは100であり、画角は 24° である。また、第1レンズ41を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{nc} およびd線(=587.56nm)とC線(=656.27nm)との部分分散比 θ_{nc} は、それぞれ

【0054】

【数10】

$$n_{NG} = 1.64379$$

$$\theta_{NG} = 0.2922$$

【0055】である一方、第2および第3レンズ42、43を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{ps} およびd線とC線との部分分散比 θ_{ps} は、それぞれ

【0056】

【数11】

* 図3は、 $f\theta$ レンズの第1実施例を示す図である。この $f\theta$ レンズ40は、同図に示すように、ポリゴンミラー30側(同図の左手側)から被走査面S側(同図の右手側)に配列された第1ないし第3レンズ41、42、43で構成されており、第1レンズ41は負のパワーを有している。また、第2および第3レンズ42、43は同一硝材で形成され、ともに正のパワーを有している。なお、後述する第2ないし第10実施例についても、第1実施例と同一の基本的構成を有している。

10 【0050】表1は、第1実施例にかかる $f\theta$ レンズ40のレンズデータを示すものである。

【0051】

【表1】

$$n_{PS} = 1.69415$$

$$\theta_{PS} = 0.3047$$

【0057】である。さらに、第1ないし第3レンズ41、42、43の焦点距離 f_1 、 f_2 、 f_3 は、それぞれ

30 【0058】

【数12】

$$f_1 = -33.4712$$

$$f_2 = 79.9821$$

$$f_3 = 47.1595$$

【0059】である。したがって、

【0060】

【数13】

$$L/f = 0.108$$

$$r_1/r_3 = 0.277$$

$$\theta_{PS}/\theta_{NG} = 1.043$$

$$n_{PS} - n_{NG} = 0.05036$$

$$|f_1|/f = 0.3347$$

$$f_3/f = 0.4716$$

$$r_3/r_2 = 0$$

$$f_2/|f_1| = 2.390$$

【0061】が成立し、この第1実施例では数1ないし数9がすべて満足され、条件1ないし9をすべて満たすことがわかる。

【0062】図4は第1実施例にかかる $f\theta$ レンズの球面収差および非点収差を示す図である。なお、同図(a)において、1点鎖線は波長623.0nmに対する球面収差を、また実線は波長633.0nmに対する球面収差を、さらに点線は波長643.0nmに対する球面収差を、それぞれ示している。そして、同図(b)において、実線はサジッタル像面での非点収差を、また点線はメリディオナル像面での非点収差をそれぞれ示している。なお、これらの点に関しては、後述する実施例の球面収差図および非点収差図においても同様である。

【0063】この図からわかるように、主走査方向Yで*

i	r	d	nd	v d
1	-21.06725	1.555599	1.64769	33.8
2	∞	2.622295		
3	-77.77995	2.222284	1.69680	55.5
4	-32.88981	1.555599		
5	∞	2.666741	1.69680	55.5
6	-32.44535			

【0066】上記のように構成された $f\theta$ レンズ40のFナンバーは25であり、焦点距離 f は100であり、画角は 26° である。また、第1レンズ41を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{ng} およびd線(=587.56nm)とC線(=656.27nm)との部分分散比 θ_{ng} は、それぞれ

【0067】

【数14】

$$n_{ng} = 1.64379$$

$$\theta_{ng} = 0.2922$$

【0068】である一方、第2および第3レンズ42、43を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{ps} およびd線とC線との部分分散比 θ_{ps} は、それぞれ

【0069】

【数15】

$$n_{ps} = 1.69415$$

$$\theta_{ps} = 0.3047$$

【0070】である。さらに、第1ないし第3レンズ41、42、43の焦点距離 f_1 、 f_2 、 f_3 は、それぞれ

【0071】

【数16】

$$f_1 = -32.7238$$

$$f_2 = 80.4644$$

$$f_3 = 46.7411$$

*切った断面の光ビーム(メリディオナル光束)の走査範囲におけるビームウエストの位置が良好に平坦化されており、優れた光学特性が得られ、しかも ± 10 nm程度の波長範囲で十分に収差補正されている。

【0064】(2)第2実施例

図5は $f\theta$ レンズの第2実施例を示す図である。また、表2は第2実施例にかかる $f\theta$ レンズ40のレンズデータを示すものである。

【0065】

【表2】

【0072】である。したがって、

【0073】

【数17】

$$L/f = 0.106$$

$$r_1/r_3 = 0.271$$

$$\theta_{ps}/\theta_{ng} = 1.043$$

$$n_{ps} - n_{ng} = 0.05036$$

$$|f_1|/f = 0.3272$$

$$f_3/f = 0.4674$$

$$r_3/r_2 = 0$$

$$f_2/|f_1| = 2.459$$

【0074】が成立し、この第2実施例では数1ないし数9がすべて満足され、条件1ないし9をすべて満たすことがわかる。

【0075】図6は第2実施例にかかる $f\theta$ レンズの球面収差および非点収差を示す図である。この図からわかるように、主走査方向Yで切った断面の光ビーム(メリディオナル光束)の走査範囲におけるビームウエストの位置が良好に平坦化されており、優れた光学特性が得られ、しかも ± 10 nm程度の波長範囲で十分に収差補正されている。

【0076】(3)第3実施例

図7は $f\theta$ レンズの第3実施例を示す図である。また、表3は第3実施例にかかる $f\theta$ レンズ40のレンズデータを示すものである。

【0077】

【表3】

i	r	d	nd	νd
1	-20.69203	1.905636	1.64769	33.8
2	-317.60598	2.064439		
3	-52.40499	1.905636	1.71300	53.9
4	-27.94933	3.017257		
5	730.49375	1.905636	1.71300	53.9
6	-36.22296			

【0078】上記のように構成された $f\theta$ レンズ40のFナンバーは30であり、焦点距離 f は100であり、画角は 25° である。また、第1レンズ41を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{ng} およびd線(=587.56nm)とC線(=656.27nm)との部分分散比 θ_{ng} は、それぞれ

【0079】

【数18】

$$n_{ng} = 1.64379$$

$$\theta_{ng} = 0.2922$$

【0080】である一方、第2および第3レンズ42、43を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{ps} およびd線とC線との部分分散比 θ_{ps} は、それぞれ

【0081】

【数19】

$$n_{ps} = 1.71021$$

$$\theta_{ps} = 0.3036$$

【0082】である。さらに、第1ないし第3レンズ41、42、43の焦点距離 f_1 、 f_2 、 f_3 は、それぞれ

【0083】

【数20】

$$f_1 = -34.4675$$

$$f_2 = 81.6859$$

$$f_3 = 48.6438$$

* 【0084】である。したがって、

【0085】

【数21】

$$L/f = 0.108$$

$$r_1/r_3 = 0.395$$

$$\theta_{ps}/\theta_{ng} = 1.039$$

$$n_{ps} - n_{ng} = 0.0114$$

$$|f_1|/f = 0.345$$

$$f_3/f = 0.486$$

$$r_3/r_2 = 0.165$$

$$f_2/|f_1| = 2.370$$

【0086】が成立し、この第3実施例では数1、数2、数4ないし数9が満足され、条件3を除く条件、つまり条件1、2、4～9を満たすことがわかる。

【0087】図8は第3実施例にかかる $f\theta$ レンズの球面収差および非点収差を示す図である。この図からわかるように、主走査方向Yで切った断面の光ビーム(メリディオナル光束)の走査範囲におけるビームウエストの位置が良好に平坦化されており、優れた光学特性が得られ、しかも ± 10 nm程度の波長範囲で十分に収差補正されている。

【0088】(4)第4実施例

図9は $f\theta$ レンズの第4実施例を示す図である。また、表4は第4実施例にかかる $f\theta$ レンズ40のレンズデータを示すものである。

【0089】

* 【表4】

i	r	d	nd	νd
1	-20.45706	1.856228	1.67270	32.1
2	65610.02788	2.665352		
3	-94.80341	1.903823	1.65844	50.9
4	-30.55446	1.348541		
5	-1.190274E+06	2.284588	1.65844	50.9
6	-31.34613			

【0090】上記のように構成された $f\theta$ レンズ40のFナンバーは30であり、焦点距離 f は100であり、

画角は 25° である。また、第1レンズ41を構成する硝材の波長 632.8 nm に対する屈折率 n_{nc} およびd線($=587.56\text{ nm}$)とC線($=656.27\text{ nm}$)との部分分散比 θ_{nc} は、それぞれ

【0091】

【数22】

$$n_{NG} = 1.66845$$

$$\theta_{NG} = 0.2912$$

【0092】である一方、第2および第3レンズ42、43を構成する硝材の波長 632.8 nm に対する屈折率 n_{ps} およびd線とC線との部分分散比 θ_{ps} は、それぞれ

【0093】

【数23】

$$n_{PS} = 1.65574$$

$$\theta_{PS} = 0.3009$$

【0094】である。さらに、第1ないし第3レンズ41、42、43の焦点距離 f_1 、 f_2 、 f_3 は、それぞれ

【0095】

【数24】

$$f_1 = -30.5939$$

$$f_2 = 67.9568$$

$$f_3 = 47.8103$$

【0096】である。したがって、

* 【表5】

i	r	d	nd	ν_d
1	-19.53033	1.997375	1.67270	32.1
2	69053.91510	2.663167		
3	-94.54042	2.219306	1.65844	50.9
4	-30.05561	0.466054		
5	-.167634E+06	2.663167	1.65844	50.9
6	-30.63130			

【0102】上記のように構成された $f\theta$ レンズ40のFナンバーは31.5であり、焦点距離 f は100であり、画角は 24° である。また、第1レンズ41を構成する硝材の波長 632.8 nm に対する屈折率 n_{nc} およびd線($=587.56\text{ nm}$)とC線($=656.27\text{ nm}$)との部分分散比 θ_{nc} は、それぞれ

【0103】

【数26】

$$n_{NG} = 1.66845$$

$$\theta_{NG} = 0.2912$$

【0104】である一方、第2および第3レンズ42、

* 【0097】

【数25】

$$L/f = 0.101$$

$$r_1/r_3 = 0.216$$

$$\theta_{PS}/\theta_{NG} = 1.033$$

$$n_{PS} - n_{NG} = 0.0097$$

$$|f_1|/f = 0.306$$

$$f_3/f = 0.478$$

$$r_3/r_2 = -0.00144$$

$$f_2/|f_1| = 2.221$$

【0098】が成立し、この第4実施例では数1ないし数9がすべて満足され、条件1ないし9をすべて満たすことがわかる。

【0099】図10は第4実施例にかかる $f\theta$ レンズの球面収差および非点収差を示す図である。この図からわかるように、主走査方向Yで切った断面の光ビーム(メリディオナル光束)の走査範囲におけるビームウエストの位置が良好に平坦化されており、優れた光学特性が得られ、しかも $\pm 10\text{ nm}$ 程度の波長範囲で十分に収差補正されている。

【0100】(5)第5実施例

図11は $f\theta$ レンズの第5実施例を示す図である。また、表5は第5実施例にかかる $f\theta$ レンズ40のレンズデータを示すものである。

【0101】

【表5】

43を構成する硝材の波長 632.8 nm に対する屈折率 n_{ps} およびd線とC線との部分分散比 θ_{ps} は、それぞれ

【0105】

【数27】

$$n_{PS} = 1.65574$$

$$\theta_{PS} = 0.3009$$

【0106】である。さらに、第1ないし第3レンズ41、42、43の焦点距離 f_1 、 f_2 、 f_3 は、それぞれ

【0107】

【数28】

17

$$\begin{aligned}f_1 &= -29.2088 \\f_2 &= 66.2939 \\f_3 &= 46.7207\end{aligned}$$

【0108】である。したがって、

【0109】

【数29】

$$\begin{aligned}L/f &= 0.100 \\r_1/r_3 &= 0.207 \\\theta_{PS}/\theta_{NG} &= 1.033 \\n_{PS} - n_{NG} &= 0.0097 \\|f_1|/f &= 0.292 \\f_3/f &= 0.467 \\r_3/r_2 &= -0.00144 \\f_2/|f_1| &= 2.270\end{aligned}$$

10 正されている。

【0112】(6)第6実施例

図13はfθレンズの第6実施例を示す図である。また、表6は第6実施例にかかるfθレンズ40のレンズデータを示すものである。

【0113】

* 【表6】

i	r	d	nd	vd
1	-20.86290	1.888548	1.67270	32.1
2	-377.70953	3.288295		
3	-69.98735	1.888548	1.71300	53.9
4	-31.10549	0.999819		
5	∞	2.221821	1.71300	53.9
6	-34.88259			

【0114】上記のように構成されたfθレンズ40のFナンバーは20であり、焦点距離fは100であり、画角は25°である。また、第1レンズ41を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_w およびd線(=587.56nm)とC線(=656.27nm)との部分分散比 θ_w は、それぞれ

【0115】

【数30】

$$\begin{aligned}n_{NG} &= 1.66845 \\\theta_{NG} &= 0.2912\end{aligned}$$

【0116】である一方、第2および第3レンズ42、43を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{PS} およびd線とC線との部分分散比 θ_{PS} は、それぞれ

【0117】

【数31】

$$\begin{aligned}n_{PS} &= 1.71021 \\\theta_{PS} &= 0.3036\end{aligned}$$

【0118】である。さらに、第1ないし第3レンズ41、42、43の焦点距離 f_1 、 f_2 、 f_3 は、それぞれ

【0119】

18

* 【0110】が成立し、この第5実施例では数1ないし数9がすべて満足され、条件1ないし9をすべて満たすことがわかる。

【0111】図12は第5実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。この図からわかるように、主走査方向Yで切った断面の光ビーム(メリディオナル光束)の走査範囲におけるビームウエストの位置が良好に平坦化されており、優れた光学特性が得られ、しかも±10nm程度の波長範囲で十分に収差補

【0112】(6)第6実施例

図13はfθレンズの第6実施例を示す図である。また、表6は第6実施例にかかるfθレンズ40のレンズデータを示すものである。

【0113】

* 【表6】

【数32】

$$\begin{aligned}f_1 &= -33.1058 \\f_2 &= 77.2770 \\f_3 &= 49.1159\end{aligned}$$

【0120】である。したがって、

【0121】

【数33】

$$\begin{aligned}L/f &= 0.103 \\r_1/r_3 &= 0.298 \\\theta_{PS}/\theta_{NG} &= 1.043 \\n_{PS} - n_{NG} &= 0.04176 \\|f_1|/f &= 0.331 \\f_3/f &= 0.491 \\r_3/r_2 &= 0.185 \\f_2/|f_1| &= 2.334\end{aligned}$$

【0122】が成立し、この第6実施例では数1ないし数9がすべて満足され、条件1ないし9をすべて満たすことがわかる。

【0123】図14は第6実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。この図からわかるように、主走査方向Yで切った断面の光ビーム(メ

リディオナル光束)の走査範囲におけるビームウエストの位置が良好に平坦化されており、優れた光学特性が得られ、しかも±10nm程度の波長範囲で十分に収差補正されている。

【0124】(7)第7実施例

i	r	d	nd	vd
1	-21.14290	1.904766	1.68893	31.1
2	∞	1.936512		
3	-83.33351	1.904766	1.69700	48.5
4	-31.74610	2.539688		
5	∞	2.380958	1.69700	48.5
6	-31.74610			

【0126】上記のように構成されたfθレンズ40のFナンバーは30であり、焦点距離fは100であり、画角は24'である。また、第1レンズ41を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{nc} およびd線(=587.56nm)とC線(=656.27nm)との部分分散比 θ_{nc} は、それぞれ

【0127】

【数34】

$$n_{NG} = 1.68444$$

$$\theta_{NG} = 0.2910$$

【0128】である一方、第2および第3レンズ42、43を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{ps} およびd線とC線との部分分散比 θ_{ps} は、それぞれ

【0129】

【数35】

$$n_{PS} = 1.69402$$

$$\theta_{PS} = 0.2989$$

【0130】である。さらに、第1ないし第3レンズ41、42、43の焦点距離 f_1 、 f_2 、 f_3 は、それぞれ

【0131】

【数36】

$$f_1 = -30.8908$$

$$f_2 = 72.7904$$

$$f_3 = 45.7423$$

*図15はfθレンズの第7実施例を示す図である。また、表7は第7実施例にかかるfθレンズ40のレンズデータを示すものである。

【0125】

*【表7】

【0132】である。したがって、

【0133】

【数37】

$$L/f = 0.107$$

$$r_1/r_3 = 0.254$$

$$\theta_{PS}/\theta_{NG} = 1.027$$

$$n_{PS} - n_{NG} = 0.00958$$

$$|f_1|/f = 0.309$$

$$f_3/f = 0.457$$

$$r_3/r_2 = 0$$

$$f_2/|f_1| = 2.356$$

【0134】が成立し、この第7実施例では数1ないし数9がすべて満足され、条件1ないし9をすべて満たすことがわかる。

【0135】図16は第7実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。この図からわかるように、主走査方向Yで切った断面の光ビーム(メリディオナル光束)の走査範囲におけるビームウエストの位置が良好に平坦化されており、優れた光学特性が得られ、しかも±10nm程度の波長範囲で十分に収差補正されている。

【0136】(8)第8実施例

40 図17はfθレンズの第8実施例を示す図である。また、表8は第8実施例にかかるfθレンズ40のレンズデータを示すものである。

【0137】

【表8】

21

22

i	r	d	nd	νd
1	-20.79434	2.001594	1.68893	31.1
2	∞	2.290713		
3	-84.51175	2.223993	1.69700	48.5
4	-32.13670	1.401116		
5	∞	2.668792	1.69700	48.5
6	-31.58071			

【0138】上記のように構成された $f\theta$ レンズ40のFナンバーは25であり、焦点距離 f は100であり、画角は 26° である。また、第1レンズ41を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{ng} およびd線(=587.56nm)とC線(=656.27nm)との部分分散比 θ_{ng} は、それぞれ

【0139】

【数38】

$$n_{ng} = 1.68444$$

$$\theta_{ng} = 0.2910$$

【0140】である一方、第2および第3レンズ42、43を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{ps} およびd線とC線との部分分散比 θ_{ps} は、それぞれ

【0141】

【数39】

$$n_{ps} = 1.69402$$

$$\theta_{ps} = 0.2989$$

【0142】である。さらに、第1ないし第3レンズ41、42、43の焦点距離 f_1 、 f_2 、 f_3 は、それぞれ

【0143】

【数40】

$$f_1 = -30.3815$$

$$f_2 = 73.4398$$

$$f_3 = 45.5040$$

*【0144】である。したがって、

【0145】

【数41】

$$L/f = 0.106$$

$$r_1/r_3 = 0.246$$

$$\theta_{ps}/\theta_{ng} = 1.027$$

$$n_{ps} - n_{ng} = 0.00958$$

$$|f_1|/f = 0.304$$

$$f_3/f = 0.455$$

$$r_3/r_2 = 0$$

$$f_2/|f_1| = 2.417$$

【0146】が成立し、この第8実施例では数1ないし数9がすべて満足され、条件1ないし9をすべて満たすことがわかる。

【0147】図18は第8実施例にかかる $f\theta$ レンズの球面収差および非点収差を示す図である。この図からわかるように、主走査方向Yで切った断面の光ビーム(メリディオナル光束)の走査範囲におけるビームウエストの位置が良好に平坦化されており、優れた光学特性が得られ、しかも ± 10 nm程度の波長範囲で十分に収差補正されている。

【0148】(9)第9実施例

図19は $f\theta$ レンズの第9実施例を示す図である。また、表9は第9実施例にかかる $f\theta$ レンズ40のレンズデータを示すものである。

【0149】

*【表9】

i	r	d	nd	νd
1	-21.05836	1.905734	1.69895	30.1
2	∞	1.905734		
3	-83.85231	1.905734	1.69700	48.5
4	-31.44461	2.461573		
5	∞	2.382168	1.69700	48.5
6	-31.44461			

23

【0150】上記のように構成された $f\theta$ レンズ40のFナンバーは35であり、焦点距離 f は100であり、画角は 28° である。また、第1レンズ41を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{nc} およびd線(=587.56nm)とC線(=656.27nm)との部分分散比 θ_{nc} は、それぞれ

【0151】

【数42】

$$n_{NG} = 1.69426$$

$$\theta_{NG} = 0.2896$$

【0152】である一方、第2および第3レンズ42, 43を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{ps} およびd線とC線との部分分散比 θ_{ps} は、それぞれ

【0153】

【数43】

$$n_{PS} = 1.69402$$

$$\theta_{PS} = 0.2989$$

【0154】である。さらに、第1ないし第3レンズ41, 42, 43の焦点距離 f_1 , f_2 , f_3 は、それぞれ

【0155】

【数44】

$$f_1 = -30.3321$$

$$f_2 = 71.4286$$

$$f_3 = 45.3079$$

*

*【0156】である。したがって、

【0157】

【数45】

$$L/f = 0.106$$

$$r_1/r_3 = 0.251$$

$$\theta_{PS}/\theta_{NG} = 1.032$$

$$n_{PS} - n_{NG} = 0.0093$$

$$|f_1|/f = 0.303$$

$$f_3/f = 0.453$$

$$r_3/r_2 = 0$$

$$f_2/|f_1| = 2.355$$

【0158】が成立し、この第9実施例では数1ないし数9がすべて満足され、条件1ないし9をすべて満たすことがわかる。

【0159】図20は第9実施例にかかる $f\theta$ レンズの球面収差および非点収差を示す図である。この図からわかるように、主走査方向Yで切った断面の光ビーム(メリディオナル光束)の走査範囲におけるビームウエストの位置が良好に平坦化されており、優れた光学特性が得られ、しかも ± 10 nm程度の波長範囲で十分に収差補正されている。

【0160】(10)第10実施例

図21は $f\theta$ レンズの第10実施例を示す図である。また、表10は第10実施例にかかる $f\theta$ レンズ40のレンズデータを示すものである。

【0161】

【表10】

i	r	d	nd	νd
1	-20.93118	1.777595	1.69895	30.1
2	∞	2.333094		
3	-82.21378	2.221994	1.69700	48.5
4	-32.08560	1.222097		
5	∞	2.666393	1.69700	48.5
6	-30.93016			

【0162】上記のように構成された $f\theta$ レンズ40のFナンバーは28であり、焦点距離 f は100であり、画角は 25° である。また、第1レンズ41を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{nc} およびd線(=587.56nm)とC線(=656.27nm)との部分分散比 θ_{nc} は、それぞれ

【0163】

【数46】

$$n_{NG} = 1.69426$$

$$\theta_{NG} = 0.2896$$

【0164】である一方、第2および第3レンズ42, 43を構成する硝材の波長632.8nmに対する屈折率 n_{ps} およびd線とC線との部分分散比 θ_{ps} は、それぞれ

【0165】

【数47】

$$n_{PS} = 1.69402$$

$$\theta_{PS} = 0.2989$$

【0166】である。さらに、第1ないし第3レンズ4

1, 42, 43の焦点距離 f_1 , f_2 , f_3 は、それぞれ

【0167】

【数48】

$$\begin{aligned} f_1 &= -30.1489 \\ f_2 &= 74.4706 \\ f_3 &= 44.5667 \end{aligned}$$

【0168】である。したがって、

【0169】

【数49】

$$\begin{aligned} L/f &= 0.102 \\ r_1/r_3 &= 0.255 \\ \theta_{PS}/\theta_{NG} &= 1.032 \\ n_{PS} - n_{NG} &= 0.0093 \\ |f_1|/f &= 0.301 \\ f_3/f &= 0.446 \\ r_3/r_2 &= 0 \\ f_2/|f_1| &= 2.470 \end{aligned}$$

【0170】が成立し、この第10実施例では数1ないし数9がすべて満足され、条件1ないし9をすべて満たすことがわかる。

【0171】図22は第10実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。この図からわかるように、主走査方向Yで切った断面の光ビーム（メリディオナル光束）の走査範囲におけるビームウエストの位置が良好に平坦化されており、優れた光学特性が得られ、しかも±10nm程度の波長範囲で十分に収差補正されている。

【0172】以上のように、上記において説明したfθレンズ40によれば、少ない構成枚数で、しかも全長を抑えながら優れた特性を有するfθレンズ40が得られ、このfθレンズ40を光走査装置に用いることで、装置の小型化および低コスト化を図ることができる。

【0173】

【発明の効果】以上のように、請求項1ないし5の発明によれば、光走査装置を構成するfθレンズを、ポリゴンミラー側より順に、負のパワーを有する第1レンズと、正のパワーを有する第2および第3レンズとを配列してなる3群3枚構成とし、所定の不等式を満足するようにしているため、優れた特性を有するfθレンズを少ない構成枚数で、しかもコンパクトに形成することができ、良好な画像品質で描画することができる小型で、しかも安価な光走査装置を提供することができる。

【0174】また、数4および数5を満足するように構成することで、±10nm程度の色収差の補正を行うことができ、画像品質をさらに向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明にかかる光走査装置の一実施例を示す図である。

【図2】この発明にかかる光走査装置の一実施例を示す図である。

【図3】fθレンズの第1実施例を示す図である。

【図4】第1実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。

【図5】fθレンズの第2実施例を示す図である。

【図6】第2実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。

【図7】fθレンズの第3実施例を示す図である。

【図8】第3実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。

【図9】fθレンズの第4実施例を示す図である。

【図10】第4実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。

【図11】fθレンズの第5実施例を示す図である。

【図12】第5実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。

【図13】fθレンズの第6実施例を示す図である。

【図14】第6実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。

【図15】fθレンズの第7実施例を示す図である。

【図16】第7実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。

【図17】fθレンズの第8実施例を示す図である。

【図18】第8実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。

【図19】fθレンズの第9実施例を示す図である。

【図20】第9実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。

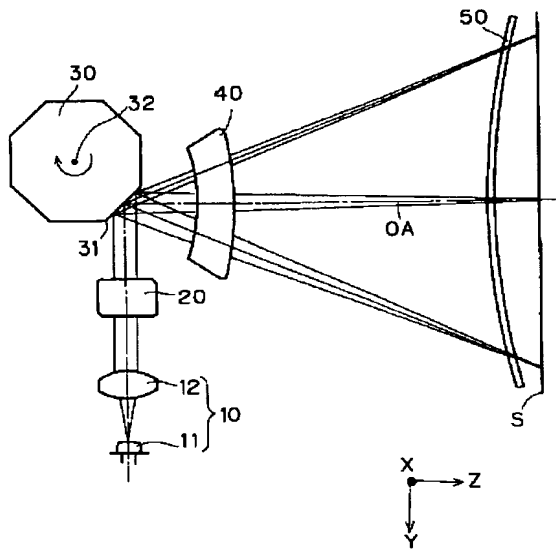
【図21】fθレンズの第10実施例を示す図である。

【図22】第10実施例にかかるfθレンズの球面収差および非点収差を示す図である。

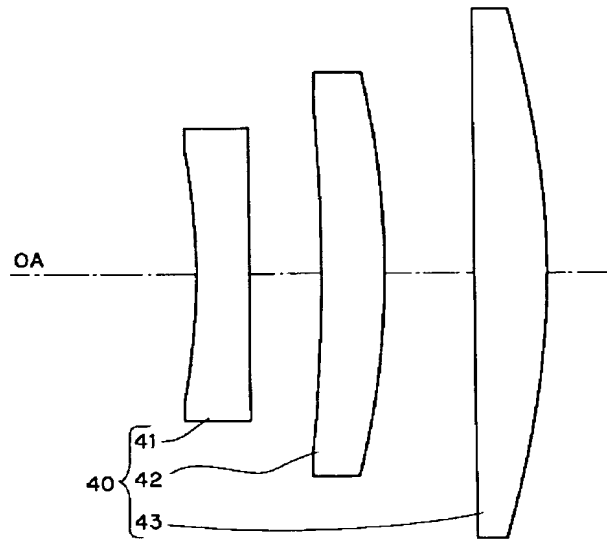
【符号の説明】

- 10 光源
- 11 半導体レーザ
- 12 コリメータレンズ
- 20 シリンドリカルレンズ
- 30 ポリゴンミラー
- 31 ミラー面
- 32 回転軸
- 40 fθレンズ
- 41 第1レンズ
- 42 第2レンズ
- 43 第3レンズ
- 50 アナモルフィックレンズ

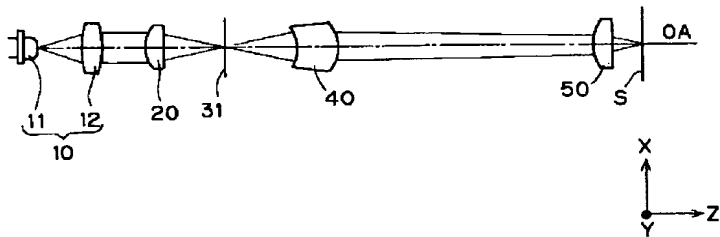
【図1】



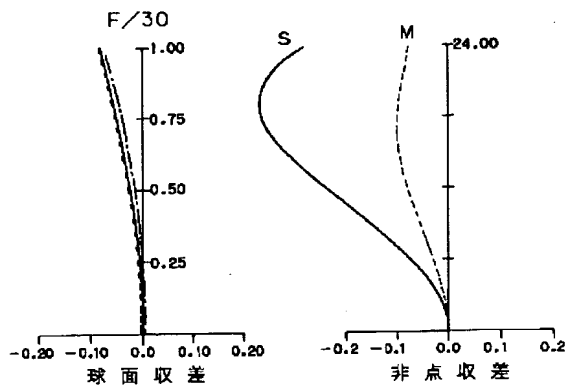
【図3】



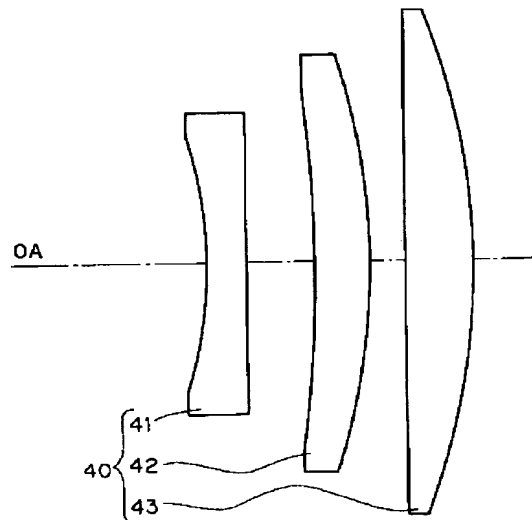
【図2】



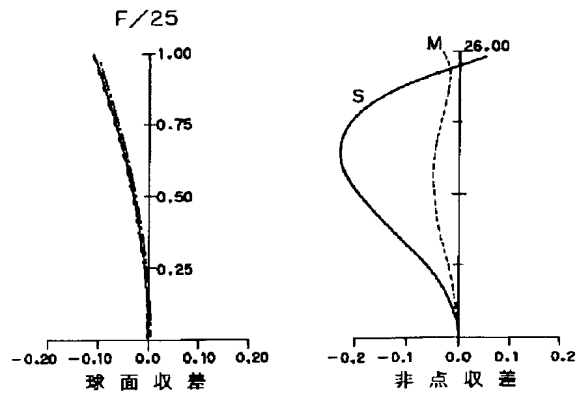
【図4】



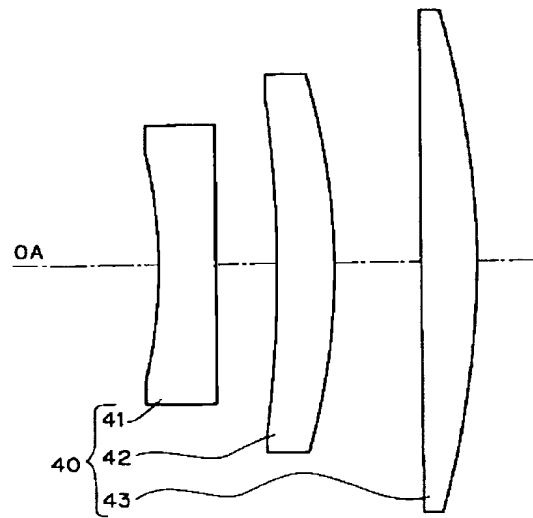
【図5】



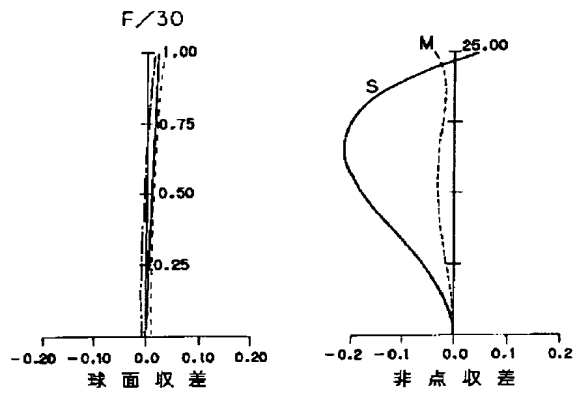
【図6】



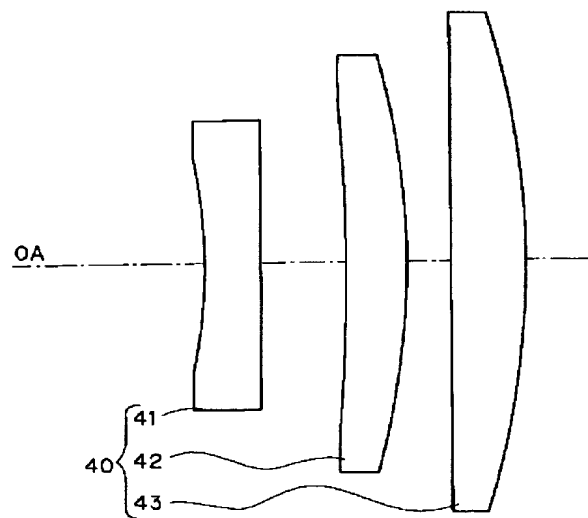
【図7】



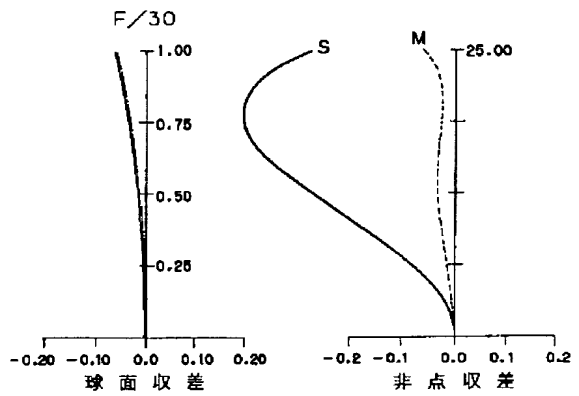
【図8】



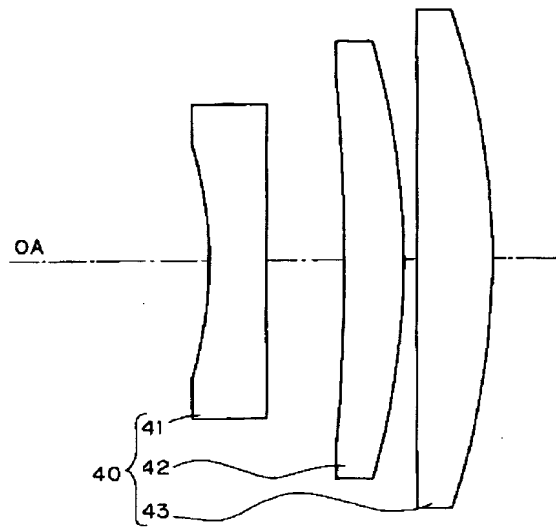
【図9】



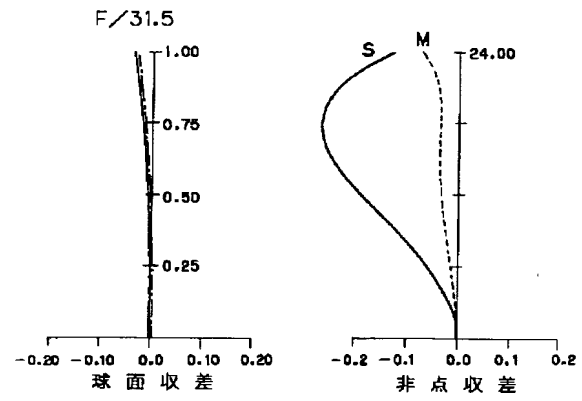
【図10】



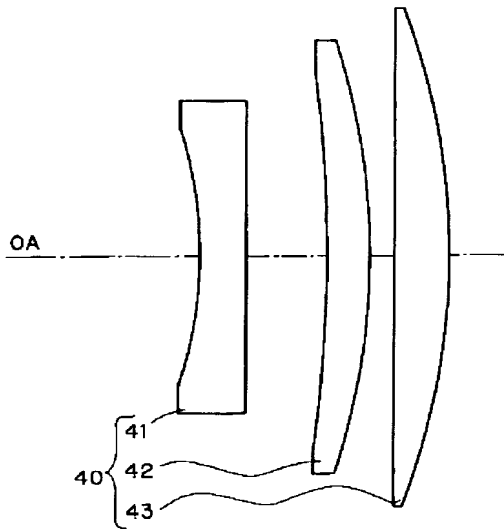
【図11】



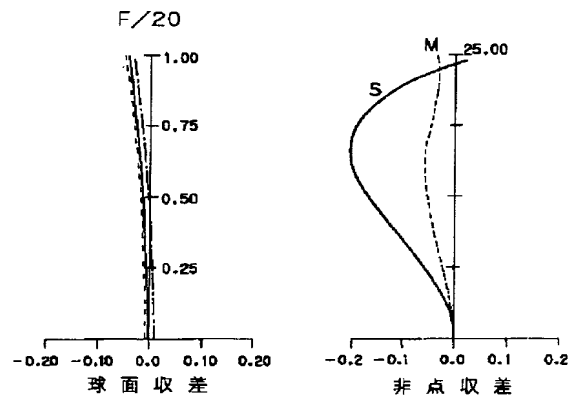
【図12】



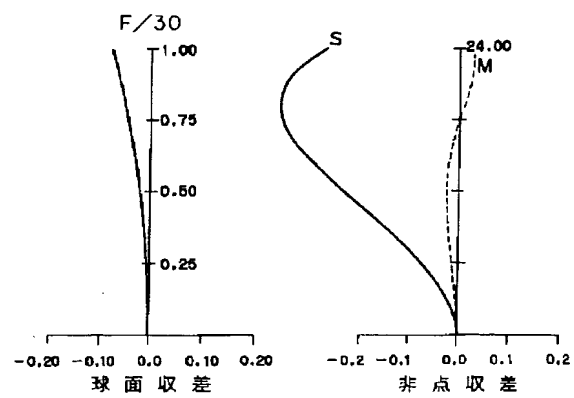
【図13】



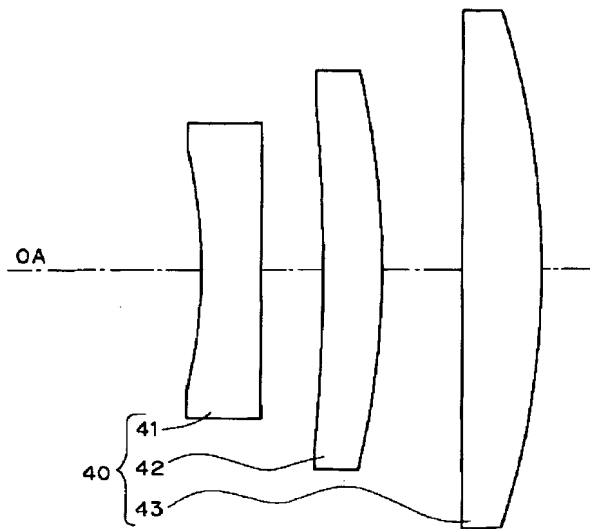
【図14】



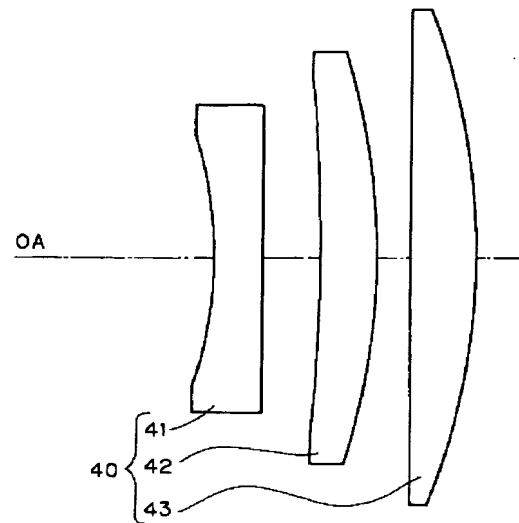
【図16】



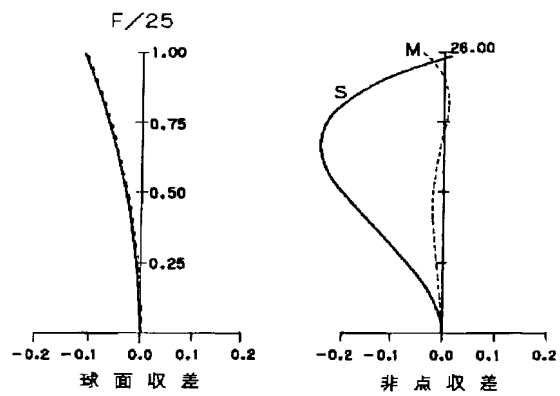
【図15】



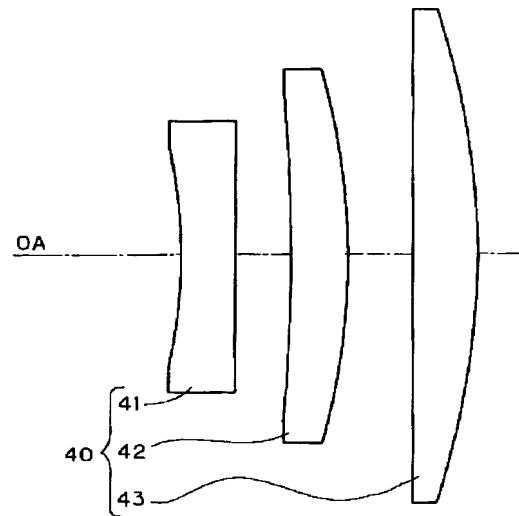
【図17】



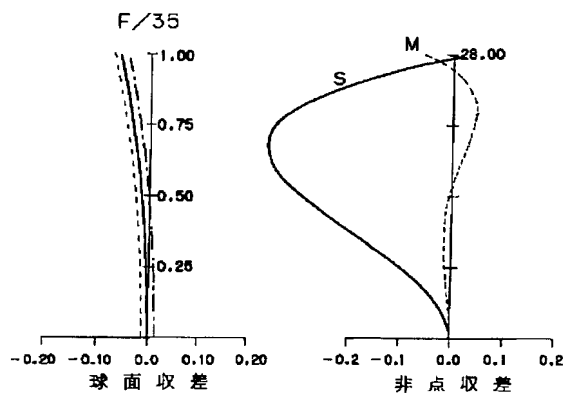
【図18】



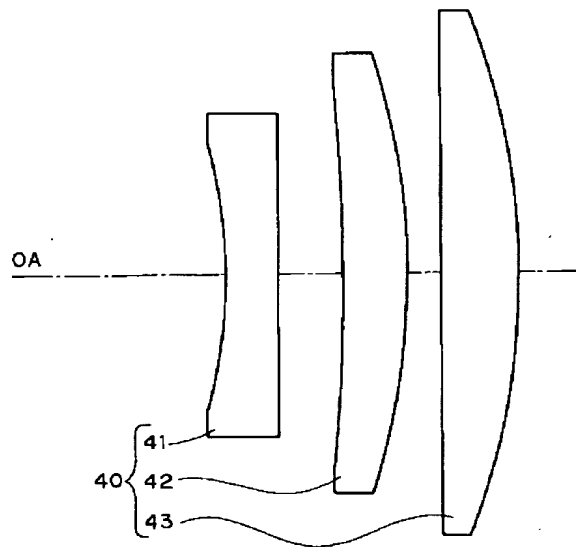
【図19】



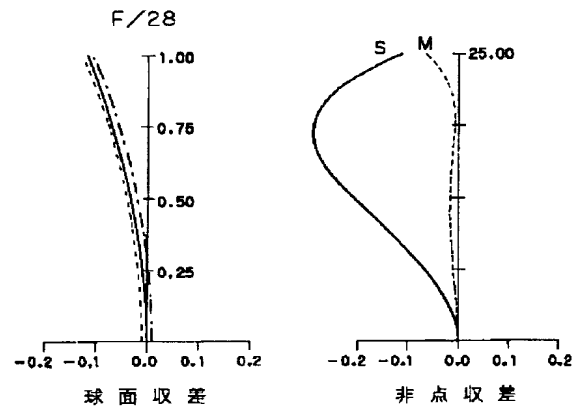
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 昭60-153017 (J P, A)
 特開 昭62-254110 (J P, A)
 特開 平3-249722 (J P, A)
 特開 昭58-179813 (J P, A)
 三宅和夫、「幾何光学」、共立出版株式会社、昭和54年11月1日、pp. 91

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
 G02B 9/00 - 17/08
 G02B 21/02 - 21/04
 G02B 25/00 - 25/04